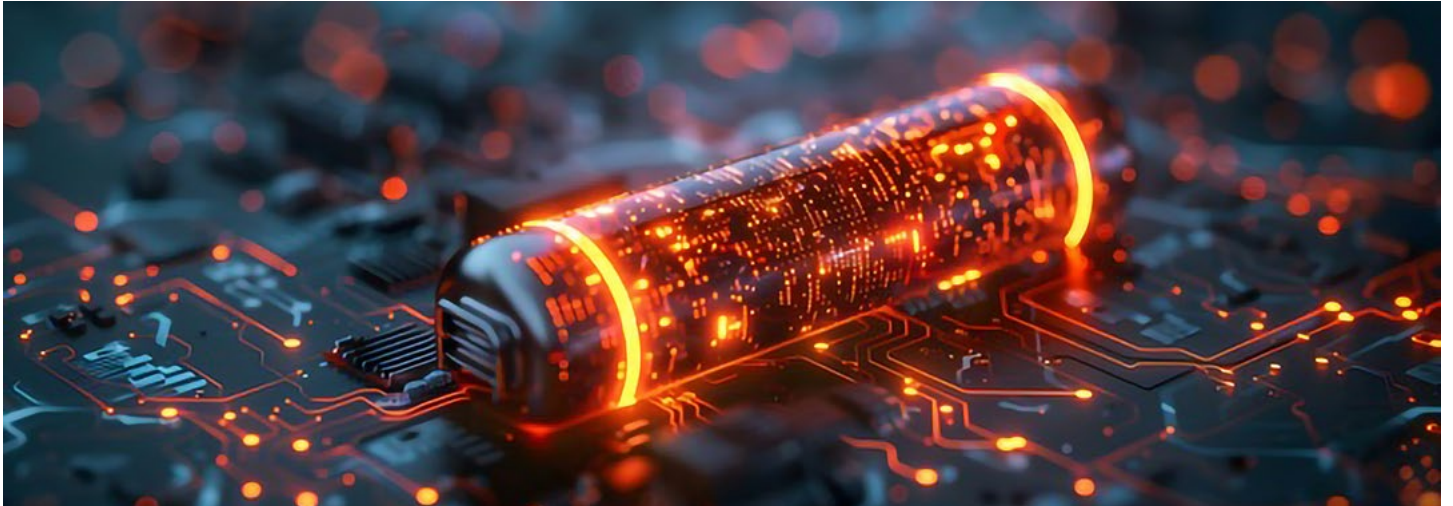




Kriittisten raaka-aineiden saatavuuden varmistaminen: EU:n ja Suomen strateginen tavoite

Ilmastotavoitteiden saavuttaminen ja teknologioiden kehittäminen edellyttävät suuria mineraali- ja metallimääriä. EU:n kriittisiksi määrittämiä raaka-aineita tarvitaan esimerkiksi uusiutuvan energian tuotannossa, digitalisaatiossa sekä avaruus- ja terveysteknologiassa. Ajantasainen mineraaliesiintymien ja mineraalien arvoketjujen tutkimus on ratkaisevan tärkeää puhtaan siirtymän ja kestäväen raaka-aineiden saatavuuden varmistamiseksi.

Talouden kriisinkestävyys ja teknologian kehitys perustuvat geotieteelliseen asiantuntemukseen

Kriittisten raaka-aineiden saatavuus tukee Suomen talouden kriisinkestävyyttä ja teknologian kehitystä. Jotta Suomi voi säilyttää johtavan asemansa kriittisten raaka-aineiden tutkimuksessa,

- **mineraalipotentialin tuntemusta on parannettava,**
- **Suomen mineraalisysteemien tuntemusta on syvennettävä ja**
- **geologisen datan laatu on turvattava.**

Näihin strategisiin seikkoihin keskittymällä Suomi voi varmistaa yhdenmukaisuuden EU:n tavoitteiden kanssa, mahdollistaa kriittisten raaka-aineiden tasaisen saatavuuden sekä tukea pitkän aikavälin taloudellisia tavoitteita ja vastuullista kaivostoimintaa. Yhteistyö kansainvälisten kumppaneiden ja yksityisen sektorin kanssa on keskeistä nykyisten haasteiden ratkaisemisessa.

Mitä ovat kriittiset ja strategiset raaka-aineet?

Eri tahoilla, kuten EU:lla ja Natolla, on omat kriittisten ja/tai strategisten raaka-aineiden luettelonsa. EU:n määrittelemillä kriittisillä raaka-aineilla on suuri taloudellinen merkitys Euroopalle ja niihin liittyy korkea toimitushäiriöiden riski. EU:n kriittisten raaka-aineiden asetuksessa nimetään yhteensä 34 kriittistä raaka-ainetta, joista 17 on myös strategisia raaka-aineita. Strategiset raaka-aineet ovat erityisen olennaisia vihreälle siirtymälle, digitalisaatiolle ja puolustusteollisuudelle.

Tällä hetkellä ei-kriittiseksi katsottu raaka-aine saattaa tulevaisuudessa muuttua kriittiseksi. Tämän vuoksi on tärkeää arkistoida geologisten tutkimusten tuottama data tulevaisuuden tarpeita varten.

[Lisätietoja on verkkosivustolla](#)

Tässä politiikkasuosituksessa esitelty GTK:n tutkimus edistää näitä YK:n kestäväen kehityksen tavoitteita.

EUROOPAN UNIONILLE KRIITTISET RAAKA-AINEET

Tärkein arvoaine

- Antimoni (Sb)
- Beryllium (Be)
- Fosfaatti (PO₄)
- Grafiitti (C)
- Koboltti (Co)
- Kupari (Cu)
- Litium (Li)
- Maasälpä
- Nikkeli (Ni)
- Niobium (Nb)
- Platina, palladium (Pt, Pd)
- Harvinainen maametalli, REE
- Skandium (Sc)
- Titaani (Ti)
- Vanadiini (V)
- Volframi (W)

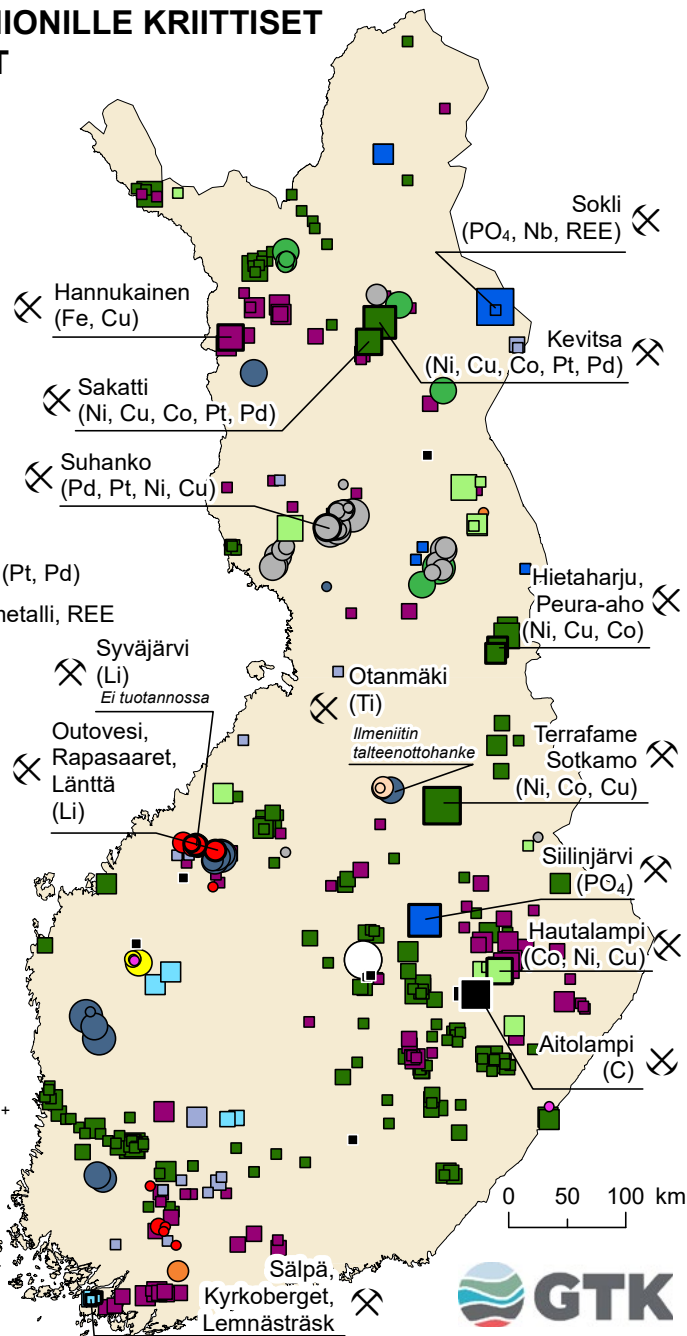
Esiintymän koko*

- Hyvin suuri
- Suuri
- Keskikokoinen
- Pieni
- Hyvin pieni
- Ei tiedossa

*Arvoaineen jäljellä oleva määrä +
pois louhittu määrä

- ✂ Kaivos
- ✂ Kaivoshanke
- ✂ Pitkälle edennyt malminetsintähanke

17.10.2023



Mikä on mineraalivarantojen ja malmivarojen ero?

Mineraalivarannoilla tarkoitetaan maankuoren mineraalien rikastuma, jonka koostumus, metallipitoisuus, laatu ja määrä antavat kohtuulliset odotukset taloudelliselle louhinnalle tulevaisuudessa. Mineraalivaranto on esiintymän mineraalien arvioitu määrä. Se perustuu tietyn ajankohdan geologisen näytön ja tietojen ennusteisiin, jotka on saatu kairaustuloksista, näytteistä, geologisen mallinnuksen avulla tai muita menetelmiä käyttämällä.

Malmivarat ovat mineraalivarantojen pienempi osa, jonka louhinta arvioidaan taloudellisesti kannattavaksi. Mineraalien louhinnan taloudellinen kannattavuus riippuu markkinahinnoista, louhinta-kustannuksista sekä metallurgian ja jalostusmenetelmien teknisestä kehityksestä. Mineraalivarannon mineraalivaraksi katsottava osa riippuu muun muassa mineraaliesiintymän sijainnista, määrästä, laadusta ja geologisista ominaisuuksista.

Kriittisten raaka-aineiden strateginen merkitys Suomen tulevaisuudelle

Kriittiset raaka-aineet, kuten harvinaiset maametallit, litium, nikkeli ja koboltti, ovat tärkeitä akkujen, magneettien ja muiden vihreän siirtymän kannalta olennaisten huipputeknologioiden komponenttien valmistuksessa.

Euroopan unioni on määritellyt kriittisten raaka-aineiden varman ja kestäväen saatavuuden ensiarvoisen tärkeäksi maanosan taloudelliselle ja strategiselle riippumattomuudelle. EU:n kriittisten raaka-aineiden asetuksen tavoitteena on vähentää riippuvuutta ulkopuolisista toimittajista, joista monet sijaitsevat poliittisesti epävakailta alueilta, sekä varmistaa, että Eurooppa pystyy täyttämään omat raaka-ainetarpeensa. Suomelle tämä on haaste ja mahdollisuus: Suomi voi mineraalivarannoillaan sekä edistää EU:n tavoitteita että vahvistaa omaa strategista asemaansa.

Suomen ainutlaatuinen geologinen ympäristö Fennoskandian kilvellä tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia kriittisten raaka-aineiden löytämiseen ja hyödyntämiseen. Kallioperässämme on runsaasti erilaisia kriittisiä mineraaleja, jotka tekevät Suomesta tärkeän osan globaalia toimitusketjua. Kriittisten raaka-aineiden kasvava maailmanlaajuinen kysyntä, geopoliittiset riskit ja EU:n raaka-aineomavaraisuuden strategia korostavat tarvetta tehostaa mineraalien etsintää ja esiintymiin liittyvän tiedon hallintaa Suomessa.

Eurooppalaisiin ja kansainvälisiin aloitteisiin osallistuminen edellyttää entistä tarkempaa kriittisten mineraaliesiintymien kartoitusta ja varantojen hallintaa. GTK auttaa ratkaisemaan näitä haasteita

- **syventämällä Suomen mineraalisysteemien tieteellistä tuntemusta,**
- **kehittämällä tehokkaampia ja tarkempia malminetsintätekniikoita,**
- **varmistamalla, että tiedon hankinta, käsittely ja hallinta ovat kansainvälisten standardien huipputasoa sekä**
- **kehittämällä jalostusratkaisuja, parantamalla raaka-aineiden jäljitettävyyttä ja kierrätettävyyttä sekä edistämällä suunnitteluun perustuvaa kiertotaloutta kaivoshankkeissa. (Lisätietoja mineraalien kiertotalouden erillisessä politiikka-suosituksessa.)**

Suomen kriittisten raaka-aineiden strateginen merkitys ulottuu taloudellista intressiä syvemmälle; kriittiset raaka-aineet auttavat myös turvaamaan maan aseman maailmanlaajuisessa siirtymässä kestäviin teknologioihin sekä säilyttämään kilpailuedun EU:ssa. Suomen tulevaisuudelle on tärkeää, että kehittyneitä tieteellisiä menetelmiä hyödynnetään mineraalivarantojen ymmärtämiseen ja hallintaan.

Euroopan unionin kriittisten raaka-aineiden asetukset (CRMA)

- Astui voimaan toukokuussa 2024.
- Pyrkii varmistamaan kriittisten ja strategisten raaka-aineiden saatavuuden.
- Keskittyy kestävytyteen ja kiertotalouteen.

Pääkohdat

- EU:ssa käytettyjen strategisten malmien, mineraalien ja rikasteiden oman tuotannon kasvattaminen 3 prosentista 10 prosenttiin.
- EU:n jalostuskapasiteetin kasvattaminen, mukaan lukien kaikki jalostuksen välivaiheet, jotta EU pystyy kattamaan vähintään 40 % alueen strategisten raaka-aineiden vuotuisesta kulutuksesta.
- EU:n kierrätykskapasiteetin, mukaan lukien kaikki kierrätyksen välivaiheet, kasvattaminen kattamaan vähintään 25 % alueen strategisten raaka-aineiden vuotuisesta kulutuksesta, ja jätteen kierrätettävien raaka-aineiden määrän merkittävä kasvattaminen.
- Tavoitteena, että yksikään kolmas maa ei kata yli 65 % minkään strategisen raaka-aineen vuotuisesta kulutuksesta EU:ssa.

Kansallinen etsintäohjelma

CRMA sisältää kullekin jäsenvaltiolle suunnatun pyynnön laatia kriittisten raaka-aineiden kansallinen etsintäohjelma. Tavoitteena on lisätä tietoa EU:n kriittisistä raaka-aineista ja kriittisten raaka-aineiden kantajamineraaleista. Ohjelmien tulisi sisältää seuraavat toimenpiteet

- Kriittisten mineraalien kartoitus riittävällä kattavuudella.
- Geokemialliset tutkimukset, mukaan lukien maaperän, sedimenttien ja kivien kemiallisten koostumusten tutkimukset.
- Geofysikaaliset ja muut geotieteelliset tutkimukset.
- Edellä mainituilla menetelmillä kerättyjen tietojen käsittely mm. laatimalla malmiesiintymien ennustekarttoja.
- Aiempien geotieteellisten tutkimusaineistojen uudelleen tarkastelu kriittisiä raaka-aineita ja niiden kantajamineraaleja sisältävien aiemmin tunnistamattomien mineraaliesiintymien määrittämiseksi.

[Lisätietoja on verkkosivustolla](#)

Kriittisten raaka-aineiden turvaamisen nykyiset haasteet

Suomessa tuotetaan (louhitaan, rikastetaan ja/tai jalostetaan) useita kriittisiä raaka-aineita. Suomi on esimerkiksi ainoa kobolttia tuottava EU:n jäsenmaa. Lisäksi Suomessa on pitkälle edenneitä kaivoshankkeita, joiden tavoitteena on aloittaa kriittisten raaka-aineiden tuotanto. Tällaisia raaka-aineita ovat muun muassa litium, nikkeli, kupari, koboltti, platina, palladium, fosfaattikivi, niobium ja harvinaiset maametallit.

Tästä huolimatta Suomella ja Euroopan unionilla on merkittäviä haasteita kriittisten raaka-aineiden kestäväen saatavuuden turvaamisessa. Nykyiset tuotantotavat eivät kata EU:n kriittisten raaka-aineiden asetuksessa alkutuotannolle asetettuja tavoitteita. Kriittisten raaka-aineiden tuotanto uusioraaka-aineista ja kierrättämisen tavoitteet ovat myös haastavia. Kierrätys ja nykyiset uusioraaka-aineet eivät voi kattaa tämänhetkisiä tarpeita, koska kriittisten raaka-aineiden tarve ylittää kierrättämällä saatavien raaka-aineiden määrän. Lisäksi joitain kriittisiä raaka-aineita ei ole kierrätettävissä merkittäviä määriä. Tavoitteiden saavuttamiseksi on löydettävä uusia kriittisten raaka-aineiden esiintymiä.

Kriittisten raaka-aineiden esiintymien löytämisen haasteita ovat muun muassa

- **Syvällinen tieteellinen ymmärrys geologisista prosesseista, jotka ovat johtaneet erilaisten kriittisiä raaka-aineita sisältävien mineraali-esiintymien muodostumiseen.**
- **Laajan ja laadukkaan geologisen datan tarve (geologiset, geofysikaaliset ja geokemialliset aineistot).**
- **Kyky ja tietotaito käsitellä käytettävissä olevaa geologista dataa ja tietoa sekä integroida ne kriittisten raaka-aineiden esiintymien ennustekarttoihin.**
- **Kehittyneiden malminetsintätekniikoiden tarve. Tällaisia tekniikoita ovat muun muassa kartoitus- ja näytteenottomenetelmät sekä tietojenkäsittely- ja tietojen integrointimenetelmät, mukaan lukien syväoppimisen ja tekoälyn soveltaminen.**

Tieteellisiä haasteita ovat muun muassa geofysikaalisten ja geokemiallisten menetelmien parantaminen ja uuden tiedon integroiminen olemassa oleviin geologisiin malleihin mineraalivarantojen ja niiden mahdollisen sijainnin tarkkaa arviointia varten. Lisäksi on vahvistettava geologisten prosessien ymmärrystä, nykyistä laa-

jempaa Suomen kallioperän tuntemusta sekä lisättävä tietoa vähemmän tunnettujen kriittisiä raaka-aineita sisältävien esiintymien muodostumisesta.

EU:ssa kriittisiä raaka-aineita koskevalla asetuksella pyritään vähentämään riippuvuutta EU:n ulkopuolisista lähteistä ja vauhdittamaan sisäistä tuotantoa. Näiden tavoitteiden saavuttaminen edellyttää kuitenkin merkittävää tieteellistä edistystä ja tiiviimpää yhteistyötä jäsenvaltioiden välillä.

Suomella on tärkeä rooli nykyisten malminetsinnän haasteiden ratkaisemisessa ja EU:n strategisen raaka-aineiden omavaraisuuden edistämisessä.

Mineraalien ja metallien toimitusketjussa on pullonkauloja

Marraskuussa 2024 julkaistu vertaisarvioitu tutkimus korostaa fossiilisista polttoaineista luopumisen haasteen laajuutta. Julkaistu laskelma on yksi hahmotus haasteen mittakaavasta, ei ennakointia tulevasta kehityskulusta.

Tutkimus esittelee konkreettiset teolliset kapasiteettitarpeet fossiilittomalle polttoaineelle. Kapasiteettitarpeet on laskettu niin, että fossiiliset polttoaineet korvataan kokonaan fossiilittomilla vaihtoehdoilla ja samalla ylläpidetään olemassa olevaa teollista ekosysteemiä. Laskelma osoittaa, että fossiilisten polttoaineiden täysimääräinen korvaaminen ja nykyisten teollisuusjärjestelmien ylläpitäminen kasvattavat niin louhittujen kuin kierrätettyjen mineraalien ja metallien kysyntää merkittävästi.

Fossiilisista polttoaineista luopumisen yleisessä keskustelussa fossiilisia polttoaineita käyttävät ajoneuvot on ajateltu korvattavan sähköautoteknologialla ja vetypolttoautoilla, ja samanaikaisesti luovutaan vaihteittain hiilen ja kaasun polttoon perustuvasta sähköntuotannosta. Tutkimus nostaa esiin tässä suunnitelmassa olevat mm. seuraavat haasteet: epärealistinen aikataulu, korvaavien energiamuotojen pienempi kapasiteetti sekä tiedossa olevien globaalien mineraalivarantojen vähäisyys.

[Lisätietoja on verkkosivustolla](#)

Strateginen tarve kriittisten raaka-aineiden tuotannon vahvistamiseksi Suomessa

Suomen geologinen potentiaali. Fennoskandian kilvessä esiintyy runsaasti erilaisia nykYTEknologialle välttämättömiä mineraaleja. Suomella on merkittävä geologinen potentiaali kriittisten raaka-aineiden tuotamiseen, ja Suomessa tuotetaan tällä hetkellä nikkeliä, kuparia, kobolttia, platinaa, palladiumia, maa-sälpää ja fosfaattikiveä. Kriittisiin raaka-aineisiin liittyvien mineraalisysteemien tuntemus on ratkaisevan tärkeää uusien malminetsintämahdollisuuksien tunnistamiseksi ja näiden raaka-aineiden luotettavan saatavuuden varmistamiseksi.

Malminetsintätekniikoiden kehittyminen. Tutkimukset ovat osoittaneet edistyneiden geofysikaalisten ja geokemiallisten menetelmien tehokkuuden malminetsinnässä. Nämä tekniikat yhdistettynä päivitettyihin geologisiin malleihin ovat parantaneet mineraalivarantojen löytymismahdollisuuksia. Menetelmien käyttö vähentää malminetsintään liittyvää epävarmuutta ja riskiä sekä pienentää malminetsinnän ympäristöjalanjälkeä.

Datan laatu ja integrointi. Laadukas geologinen data on olennaisen tärkeää kriittisten raaka-aineiden löytämiseksi kallioperästä. GTK:n työ geologisten, geofysikaalisten ja geokemiallisten tietojen keräämiseksi, käsittelemiseksi ja yhdistämiseksi on ollut avainase-

massa mahdollisten mineraaliesiintymien tarkemmassa kartoittamisessa. Aineistoon ja tietoon perustuvat lähestymistavat ovat ratkaisevan tärkeitä päätöksenteolle ja malminetsinnän ohjaamiselle.

Yhteistyön strateginen merkitys. Tiedeyhteisö korostaa yhteistyön merkitystä sekä Suomessa että EU:ssa. Suomi voi yhteistyössä eurooppalaisten kumppaneiden kanssa jakaa osaamista, hyödyntää huipputeknologiaa sekä tukea EU:n kriittisiä raaka-aineita koskevan asetuksen tavoitteita. Tällainen yhteistyö on ratkaisevaa EU:n toimitusketjun häiriönsietokyvyn vahvistamisessa.

Taloudelliset ja ympäristönäkökohdat. Tieteessä korostetaan myös talouskasvun ja ympäristöllisen kestävyyden tasapainoa. Tehokas ja vankkaan tieteelliseen tutkimukseen perustuva mineraalivarantojen hallinta voi auttaa varmistamaan, että kriittisten raaka-aineiden louhinta ja käyttö edistävät kestävän kehityksen tavoitteita. Tähän sisältyy ympäristövaikutusten minimointi ja kierrätyksen tehostaminen.

Nämä keskeiset seikat luovat pohjan seuraavassa osiossa linjatuille suosituksille, jotka ohjaavat Suomen strategiaa kriittisten raaka-aineiden turvaamiseksi tulevaisuudessa.

Keskeiset toimet Suomen kriittisten raaka-aineiden turvaamiseksi

Suomen aseman vahvistaminen EU:ssa. Edistetään EU-politiikkaa, jossa kriittisten raaka-aineiden toimitusvarmuus asetetaan etusijalle. Tähän sisältyy aktiivinen osallistuminen EU:n kriittisiä raaka-aineita koskevan asetuksen täytäntöönpanoon sekä toiminnan yhteensovittaminen laajempien eurooppalaisten strategioiden mukaiseksi.

Kansallisten etsintähankkeiden tehostaminen. Lisätään investointeja mineraalien etsintään eri puolilla Suomea keskittyen alueisiin, joilla kriittisten raaka-aineiden potentiaali on suuri. Tuotetaan uusia geologisia aineistoja sekä hyödynnetään kehittyneitä geologisen tiedon keräämis- ja käsittelymenetelmiä uusien esiintymien löytämiseksi ja tunnettujen esiintymien laajentamiseksi.

Kansainvälisen yhteistyön edistäminen. Luodaan ja vahvistetaan kumppanuuksia muiden EU-maiden ja kansainvälisten organisaatioiden kanssa. Tämä mahdollistaa kriittisten raaka-aineiden etsintään ja jalostukseen liittyvän tiedon, teknologian ja parhaiden käy-

täntöjen jakamisen. Yhteistyö vahvistaa mineraaleihin liittyvää omavaraisuutta ja edistää innovointia.

Toimitusketjujen monipuolistaminen. Kehitetään strategioita, joilla vähennetään riippuvuutta yksittäisistä kriittisten raaka-aineiden lähteistä monipuolistamalla toimitusketjuja Suomessa ja Euroopassa. Edistetään vastuullisten kaivoskäytäntöjen ja kriittisten raaka-aineiden kierrätyksen kehittämistä.

Kansalaisten ja teollisuuden tietoisuuden lisääminen. Vahvistetaan tietoisuutta kriittisten raaka-aineiden merkityksestä talouden vakaudelle ja teknologian kehitykselle. Lisätään teollisuuden ja kansalaisten yhteistyötä.

Kestävän rahoituksen turvaaminen. Edistetään EU-rahoituksen ja kansallisen rahoituksen lisäämistä kriittisiin raaka-aineisiin liittyville malminetsintä- ja tutkimus- ja innovaatiohankkeille. Hyödynnetään mahdollisuuksia hankkeiden tukemiseen EU:n rahoitusohjelmista, kuten Horisontti Eurooppa -puiteohjelmasta ja oikeudenmukaisen siirtymän rahastosta.

Lähteet ja lisätiedot

GTK:n tutkimuksen painopisteet ja politiikkasuositukset

Kriittisten raaka-aineiden saatavuus – tietoa tutkimuksesta ja tutkimusprojektit

Tekijät

Tero Niiranen, tutkimusprofessori
tero.niiranen@gtk.fi

Hanna Leväniemi, ryhmäpäällikkö
hanna.levaniemi@gtk.fi

GTK:n tutkimusuutiset

- Metallien ja mineraalien arvoketjun uusi visualisointi korostaa sivuvirtoja ja niiden arvoa
- Tutkimusprojektissa kehitetään kriittisten raaka-aineiden etsintää entistä syvemmältä
- Euroopan kriittisten raaka-aineiden tiedossa olevista esiintymistä on laadittu kartat
- Akkuminaaliprojekti lisäsi tietoa Suomen kriittisten raaka-aineiden potentiaalista
- Virallinen siltadokumentti luo yhteyden UNFC-raaka-aineluokittelun ja CRIRSCO:n standardien välille
- The European Classification of Mineral Raw Materials in Line with the Sustainable Development Goals Is Proceeding – The Geological Survey of Finland Participated in the Preparation of UNFC Guidance Europe

Vertaisarvioidut artikkelit

- Blengini, G.A., Nuss, P., Dewulf, J., Nita, V., Peiro, L.T., Vidal-Legaz, B., Latunussa, C., Mancini, L., Blagoeva, D., Pennington, D., Pellegrini, M., Van Maerckec, A., Solar, S., Grohol, M. & Ciupagea, C. 2017. EU methodology for critical raw materials assessment: Policy needs and proposed solutions for incremental improvements. Resources Policy 53.
- Eilu, P. (ed.) 2012. Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia. Geological Survey of Finland, Special Paper 53, 401 p.
- Michaux, S. P. 2024. Estimation of the quantity of metals to phase out fossil fuels in a full system replacement, compared to mineral resources. Geological Survey of Finland, Bulletin 416.
- Meinert, L.D., Robinson, G.R. & Nassar, N.T. 2016. Mineral Resources: Reserves, Peak Production and the Future. Resources 5(1), 14.
- Rasilainen, K., Eilu, P., Halkoaho, T., Heino, T., Huovinen, I., Iljina, M., Juopperi, H., Karinen, T., Kärkkäinen, N., Karvinen, A., Kontinen, A., Kontoniemi, O., Kousa, J., Lauri, L.S., Lepistö, K., Luukas, J., Makkonen, H., Manninen, T., Niiranen, T., Nikander, J., Pietikäinen, K., Räsänen, J., Sipilä, P., Sorjonen-Ward, P., Tiainen, M., Tontti, M., Törmänen, T. & Västi, K. 2017. Assessment of undiscovered metal resources in Finland. Ore Geology Reviews, 86.

Other reports and publications

- Boyd, R., Bjerkgård, T., Nordahl, B. & Schiellerup, H. (eds.) 2016. Mineral resources in the Arctic. Geological Survey of Norway, Special Publication.
- Grohol, M., Veeh, C., Blagoeva, D., Bourdon, E., Walch, A., Nievoll, G., Devauze, C., Rietveld, E., Blengini, G.A., le Gleuher, M., Inghilariz, M. 2023. European Commission, Study on Critical Raw Materials for the EU, Final Report.
- Eilu, P., Bjerkgård, T., Franzson, H., Gautneb, H., Häkkinen, T., Jonsson, E., Keiding, J.K., Pokki, J., Raaness, A., Reginiussen, H., Róbertsdóttir, B.G., Rosa, D., Sadeghi, M., Sandstad, J.S., Stendal, H., Þórhallsson, E.R. & Törmänen T. 2021. The Nordic supply potential of critical metals and minerals for a Green Energy Transition. Nordic Innovation Report.
- IEA 2021. The role of critical minerals in clean energy transitions. Special Report of the World Energy Outlook (WEO) team of the IEA. IEA, Paris.
- Latunussa, C.E.L., Georgitzikis, K., Torres de Matos, C., Grohol, M., Eynard, U., Wittmer, D., Mancini, L., Unguru, M., Pavel, C., Carrara, S., Mathieux, F., Pennington, D. & Blengini, G.A. 2020. European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials, Factsheets on Critical Raw Materials.
- Lauri, L.S., Eilu, P., Brown, T., Gunn, G., Kalvig, P. & Sievers, H. 2018. Identification and quantification of primary CRM resources in Europe. Deliverable 3.1 of the H2020 project SCRREEN.
- Kangaspunta, T. (eds.), Tasa, S., Kokko, M., Eskola, M., Heininen, E. 2024. Kansallinen mineraalistrategia. Valtioneuvoston julkaisu 2024:65.
- USGS 2021. Mineral commodity summaries 2021. U.S. Geological Survey.



Geologian tutkimuskeskus

Ratkaisuja vauhdittamaan siirtymää kestäväan, hiilineutraaliin maailmaan.

[gtk.fi](https://www.gtk.fi)

[Facebook](#) | [LinkedIn](#) | [Instagram](#)

Geologian tutkimuskeskus GTK tuottaa puolueetonta tutkimustietoa yhteiskunnalle ja yrityksille vauhdittamaan siirtymää kestäväan, hiilineutraaliin maailmaan. GTK:n yli 400 asiantuntijaa ovat erikoistuneet mineraalitalouteen, kiertotalouteen, energia-, vesi- ja ympäristökysymyksiin sekä digitaalisiin ratkaisuihin. GTK on työ- ja elinkeinoministeriön alainen tutkimuslaitos, joka toimii Suomessa ja maailmalla.